

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 31520101153186

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

交互式室内机器人地图构建与导航系统

Interaction Based Indoor Robot Map Building and Navigation
System

梅 微 星

指导教师姓名: 潘 伟 教 授

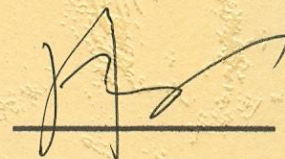
专 业 名 称: 模式识别与智能系统

论文提交日期: 2 0 1 3 年 6 月

论文答辩日期: 2 0 1 3 年 6 月

学位授予日期: 2 0 1 3 年 6 月

答辩委员会主席:



评 阅 人:



2013 年 6 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：梅 微 星

2013 年 06 月 04 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

- () 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。
- (✓) 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“✓或”填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：梅微星

2013年06月04日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

本文提出了一种新颖的拓扑语义-栅格混合地图交互式构建方法。其中，栅格地图利用激光测距仪数据，通过 GMapping 算法构建；拓扑地图则通过操作人员选择人类可理解的位置以及相关语义构成拓扑节点得到；最后通过语音交互方式把结点的语义描述与该结点在栅格地图中的坐标结合构成最终的地图。该方法克服了传统拓扑地图构建中拓扑结点的提取和描述问题,同时能够得到和人类表述方式完全一致的结点描述。而栅格坐标和人类语义结合的描述方式,便捷地统一了人类和机器人对环境的不同描述,实现了两个描述系统之间的无缝对接。

在构建的混合地图基础上，本文实现了一个语义导航系统，用户说出导航目的地之后，机器人识别出用户说的结点名称，用它作为语义索引在混合地图中找到对应的栅格结点，然后在栅格地图上完成路径规划和导航。此外，为了解决导航中的初始定位问题，还提出了一种新的定位-评估-重定位全局定位方法，通过修改传统的粒子滤波定位算法中粒子权重的评估算法，使得粒子群的权重最大的粒子能够用来衡量整个粒子群的定位质量，从而能够决定是否开始重新定位。

最后，整个系统在 ROS 框架上实现，并在 Mobile Robots 公司的 P3AT 机器人上完成相关的实验。实验结果表明，提出的拓扑语义-栅格混合地图表示和交互式地图构建方法能够有效地结合环境布局和人类语义，得到可用的导航地图。而对应的定位-评估-重定位方法在构建的地图对环境的描述完整的情况下，能够达到任意位置 100% 的正确全局定位。整个系统极大地加强了服务机器人的交互性能和易用性。

关键词： 人机交互；制图与导航；全局定位；机器人操作系统(ROS)

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

In this paper, we proposed a novel interactive-based mapping building method. In this method, map is represented by a mixture of topological semantic map and grid map. Grid map is built from laser scan by GMapping algorithm, and semantic topological map is built under the cooperation of user and robot. During the map building, user tell robot where should be extracted as a topological node, then robot extract and describe them with the semantic listened from user and current position. By this method, we can easily overcome the problem of extrating and describing nodes in traditional topological map building method, and get a semantical description of nodes which is almost the same with human. Besides, the combination of grid coordinate and human-like semantic description can eliminate the differences between human and robot while representaion environment in a inner way, bridging them without hard working.

Based on the map we have built, a semantic navitaion system is constructed. In this system, users speak out the goal that the robot desired to go, then robot recognise the goal and use it as index to find the corresponding point in grid map, then finish the path planning and navigation with grid map. Except that, to resolve the initial localization problem, we proposed a localization-evaluate-relocalization global localization method, in which a little modification is made to the particle weighting part in particle filter localization algorithm, which using the maximum weight of all particles as a representative of particle generation's localization accuracy. Using this criterion, we can decide whether a relocalization is neccessary.

The whole system is built on the framework of opensource Robot Operating System(ROS), and experiment with P3AT, a robot from Mobile Robots Company. The result shows that proposed semantic-topological mixture representation of map and interaction based mapping algorithm can integrate the structure of environment and semantic of hu-

man to get an available map for navigation. And given a map describe environment completely, the localization-evaluation-relocalization method can initially localize a robot that put at any place, with an accuracy of 100%. We believe that the whole system have improved the performance of interaction of service robot greatly and make them more easy to use.

Keywords: Human Machine Interactive; Mapping and Navigation; Global Localization; Robot Operating System(ROS)

目 录

摘 要	I
英文摘要	III
第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 研究内容	2
1.3 本文创新点	3
1.4 总结	4
第二章 相关技术以及研究现状	5
2.1 导航地图	5
2.2 拓扑地图构建	6
2.2.1 概率拓扑地图	6
2.2.2 碰撞扇区地图	7
2.2.3 V 图拓扑地图	7
2.2.4 基于细化算法的拓扑地图	8
2.2.5 语义地图	9
2.3 人机交互地图构建	11
2.4 总结	14
第三章 交互式地图构建与导航系统设计	17
3.1 栅格地图构建	17
3.1.1 GMapping 制图算法	20
3.2 语义拓扑地图构建	21
3.2.1 科大讯飞语音云开放平台	23

3.2.2	语法识别	23
3.2.3	语义拓扑地图	25
3.3	语义拓扑导航	26
3.3.1	定位	26
3.3.2	路径规划	29
3.3.3	运动规划	34
3.4	全局定位	37
3.4.1	粒子滤波全局定位	37
3.4.2	全局定位重定位判断	38
第四章	实验与总结	43
4.1	实验平台	43
4.2	制图	47
4.3	全局定位	49
4.3.1	特征选择	49
4.3.2	运动方式	51
4.3.3	判断准则	53
4.3.4	定位与导航	55
第五章	工作总结与展望	57
参考文献		59
硕士期间发表的论文		63
致 谢		65

Table of Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and Meaning	1
1.2 Contents of Issue	2
1.3 Some Innovation	3
1.4 Summery	4
Chapter 2 Related Work	5
2.1 Mapes Used in Navigation	5
2.2 The Building of Topological Map	6
2.2.1 Probability Topolocigal Map Building	6
2.2.2 BCM Topological Map Building	7
2.2.3 Voronoi Graph Based Topological Map Building	7
2.2.4 Thinning Based Topological Map Building	8
2.2.5 Semantic Topological Map Building	9
2.3 Human-Computer Interaction Based Map Building	11
2.4 Summery	14
Chapter 3 The Design of Interaction Based Map Building and Navigation System	17
3.1 Grid Map Building	17
3.1.1 GMapping Algorithm	20
3.2 Semantic Topological Map Building	21

3.2.1	MSC's Speeck Cloudy Open Platform	23
3.2.2	Semantic Recognition	23
3.2.3	Semantic Topological Map	25
3.3	Semantic Naivgation	26
3.3.1	Localization	26
3.3.2	Path Planning	29
3.3.3	Action Planning	34
3.4	Global Localization	37
3.4.1	Particle Filter Global Localization	37
3.4.2	Global Loalization Re-localization Judgement	38
Chapter 4	Experiments and Conclusion	43
4.1	Experiment Platform	43
4.2	Mapping	47
4.3	Global Localization	49
4.3.1	Feature Selection	49
4.3.2	Action Model	51
4.3.3	Judgement rule	53
4.3.4	Localization and Navigation	55
Chapter 5	The Conclusion and Future Works	57
References		59
Publications as the Degree Candidate		63
Thanks		65

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

机器人，尤其是服务机器人的发展已经成为未来的一个趋势，并将成为下一个引领技术革命的行业。据国际机器人联盟（IFR, International Federation of Robotics）2012 发布的统计报告称¹，2011 年专业机器人和家用机器人总共出售 16,408 台，相比与 2010 年上升 9%，总售价达 36 亿美元，相比 2010 年上升 6%。其中，家用机器人总共售出 250 万台，较 2010 年上升了 15%，总售价达 6.36 亿美元，较 2010 年上升 19%。由此可以看出，服务机器人，尤其是家用服务机器人的发展势头正旺。而我国科技部 2012 年 4 月份下发的《服务机器人科技发展“十二五”专项规划》中指出，我国人口老龄化趋势明显，及到 2009 年底，大于 60 岁的人口总数已经达到 1.67 亿，并且将在 2015 年达到 2 亿；此外，残疾人口总数在 2006 年达到了 8296 万，占到总人口数的 6.34%，有残疾人口的家庭一共有 7000 多万户，涉及到 2.6 亿人口。从上面的数据可以看出，不管是国内还是国际，服务机器人的发展都有巨大的市场空间和潜力。

虽然服务机器人的发展已经是一个必然的趋势，不过要走入人类家庭，家用服务机器人面临的挑战还有很多，和传统的工业机器人相比，主要突出为以下几点：

- **环境复杂：** 服务机器人需要在人类环境中生存和完成任务，而人类环境和工业环境相比最大的特点就是动态、复杂，有随处走动的人类，也可能随时时间的变化而发生局部的改变；
- **需要移动：** 大部分服务机器人都不像绝大多数的传统工业机器人一样固定在某个位置，而需要在整个环境中移动以完成任务，而且上一点中提到复杂环境更是加大了移动的难度；

¹<http://www.ifr.org/service-robots/statistics/>

- **交互频繁：** 需要和人类近距离、大频率的交互；
- **任务复杂：** 任务本身比工业机器人面对的要复杂，加上环境的复杂性和可能需要和人类交互，更是加大了任务的难度。

其中，移动是服务机器人大多数任务的基础，而环境的复杂性对移动又是一个巨大的挑战。在相关研究中，一般会使用各种传感器（声呐、激光、红外、摄像头等）来感知其周围环境，将感知的结果进行处理之后融合到一个全局的环境表示系统中去，得到对整个环境的认知，从而为后继的移动任务提供决策基础；另一方面，机器人也会使用传感器实时的检测结果来控制每一步的具体运动，从而能够面对动态变换的环境。在机器人领域，一般将第一个过程称为制图，将第二个过程称为导航，其中，制图中涉及到的地图表示对导航起着至关重要的影响。而导航中比较关键的就是定位、路径规划和实时运动控制。至于交互，在未来服务机器人发展中，一个简单便捷而又自然交互界面很有可能是一款服务机器人能否迅速为用户接受，成功打开市场的关键因素。

在当前的服务机器人领域，制图导航和交互一般都是作为独立的模块来研究，一般在制图中很少有使用交互因素的，而导航需要使用制图构建出来的地图，如果想要在非交互式绘制的地图上使用交互因素，则需要对地图进行后继处理。所以，一个完整的交互式制图导航系统对于服务机器人的易用性至关重要，我们课题从这一点出发，提出了交互式地图构建和导航系统，也就是这篇文章的主要研究内容。

1.2 研究内容

一个好的交互系统，首先要解决的就是对问题的描述。众所周知，我们人类表示环境地图的时候，会抽取一些关键点，比如，门口、卧室、客厅等一些拓扑结点，并赋予相关的语义信息。而在传统的机器人制图和导航系统中，构建出来的栅格地图一般没有语义信息。至于拓扑地图，虽然和人类一样也由拓扑结点构成，但是这些拓扑节点大部分都是根据距离传感器采集到的障碍物信息自动提取得到，只是一些具有几何特征的点，并不具备和人类表示接近的语义信息。所以，机器人和

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库